

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE  
AGRONOMIA

Franclei Denes Araldi  
Jhonathan Maicon Bigaton

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO NA  
PRODUÇÃO DE MILHO SILAGEM

São Miguel do Oeste – SC 2020

Franciclei Denes Araldi  
Jhonathan Maicon Bigaton

**EFICIÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO  
DE MILHO SILAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Bacharelado em  
Agronomia do Câmpus São Miguel do  
Oeste do Instituto Federal de Santa  
Catarina como requisito parcial à  
obtenção do título de **Engenheiro(a)**  
**agrônomo(a)**

Orientador  
Prof. Dr. Alcione Miotto

São Miguel do Oeste – SC 2020

## RESUMO

A adubação nitrogenada é considerada a mais onerosa do cultivo do milho, devido suas grandes perdas por volatilização e lixiviação. Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência técnica, qualidade da silagem e custos de diferentes fontes de nitrogênio para adubação de cobertura na produtividade e qualidade de milho silagem. O experimento foi conduzido no município de Barra Bonita - SC, durante safra e safrinha (2019/2020), com delineamento de blocos ao acaso, 7x4, composto por 6 fontes de nitrogênio (ureia convencional, nitrato de amônio, sulfato de amônio, Super N, N-LC, N-LP) e testemunha, com doses equivalentes e 4 repetições. As variáveis avaliadas foram: número de folhas verdes, secas e folhas totais, % de folhas, % de colmo e % de espiga, matéria verde, matéria seca e proteína bruta. Nas condições estudadas, o milho para silagem respondeu positivamente a aplicação de nitrogênio em cobertura, mas não a fonte de fertilizante utilizada. Os fertilizantes nitrogenados não apresentaram diferença na eficiência agrônômica. Ocorreram variações na proporção morfológica (caule, folhas, espiga), porém não resultaram em diferenças na matéria verde, matéria seca (MS) e proteína bruta (PB). Os menores custos de produção R\$ t<sup>-1</sup> MS e R\$ Kg<sup>-1</sup> PB foram obtidas com os fertilizantes nitrogenados, ureia convencional e Super N, em ambas as safras.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, adubação nitrogenada, fertilizantes, liberação lenta.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. MATERIAIS e MÉTODOS .....</b>	<b>7</b>
<b>3. RESULTADOS e DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>28</b>

## Introdução

No Brasil são cultivados mais de 1,5 milhões de hectares com milho para silagem, totalizando uma produção superior a 210 milhões de toneladas em massa verde (IBGE, 2017). Por ser uma gramínea de alto potencial produtivo e capacidade de exportação de nutrientes, a cultura do milho é também dependente de um aporte considerável de nitrogênio (N) e potássio (K) ao solo (CQFS – RS/SC, 2016). Em relação ao N, embora exista fixação biológica não simbiótica (ARAÚJO et al., 2014), ela é insuficiente para suprir a demanda necessária (PANDOLFO, 2015). Por isso, além de depender da disponibilidade de N do solo, que é regida pela taxa de decomposição da matéria orgânica e de resíduos orgânicos, a cultura do milho para silagem depende de adubação nitrogenada, por ser um cultivo que resulta em alta exportação de matéria seca. Conseqüentemente busca-se suprir a demanda da cultura na forma de aplicações em cobertura, porém essas doses são variadas devido às condições que se encontra o teor de matéria orgânica do solo, expectativa de colheita, cultura antecedente e condições edafoclimáticas da região. Alguns trabalhos demonstram que a adubação de cobertura de maior eficiência em milho para silagem varia entre 120 e 170 kg ha<sup>-1</sup> de N em produções de até 12 t ha<sup>-1</sup> de MS (CQFS – RS/SC, 2016).

Em áreas de produção de milho para silagem, ocorre colheita de toda a parte aérea das plantas (PA), o que provoca uma grande extração de nutrientes se comparada à colheita de grão. No caso específico do N, para a produção de 9,17 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho e 17,13 t ha<sup>-1</sup> massa seca (MS) de forragem, são extraídos 187 e 230 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (COELHO, 2006). A forragem consiste basicamente em todo alimento consumido pelos animais (gramíneas e leguminosas), podendo ser este conservado, na forma de silagem, que seria a forragem verde após o processo de fermentação anaeróbica. (EMBRAPA, 1995). Parte do N extraído é proveniente da decomposição da MO do solo, que depende também do aporte de mais material orgânico. Em área de milho para silagem com cultivos sucessivos, o aporte de material orgânico é pequeno, pois há a colheita de toda PA da planta. Com menor aporte de palha, a MO do solo tende a reduzir e ao longo dos anos podem surgir problemas de fertilidade em áreas destinadas a silagem comparadas a produção de grãos (COELHO, 2006). Por este motivo, em solos cultivados com milho para silagem a adubação nitrogenada torna-se ainda mais importante.

O nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os mais expressivos aumentos na produção na cultura do milho. Este nutriente está presente como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila, bases nitrogenadas, fito hormônios (TAIZ e ZEIGER, 2004; GROSS, VON PINHO, BRITO, 2006; MALAVOLTA, 2006; BISSANI et al., 2008). Sendo assim, o N está intimamente relacionado a vários fatores de crescimento e desenvolvimento dos drenos reprodutivos da planta em estágio de definição do número de óvulos e ovários da espiga e de moléculas de clorofila (MAGALHÃES e DURÃES, 2006; MARTIN *et al.*, 2011). O valor nutritivo da silagem produzida a partir da forragem de milho está ligada a quantidade de grãos presente na mesma, sendo que, para produção de silagem de alta qualidade, a quantidade de grãos não deve estar abaixo de 40 % do total da MS, considerado por alguns autores como a relação ideal (NUSSIO, 1999; BRONDANI, ALVES FILHO, BERNARDES, 2000; KEPLIN, 2001). Contudo, a produção de grãos está atrelada a dependência de área foliar fotossinteticamente ativa na planta (GERIK, FAVER, THAXTON, 1996). As folhas quando bem nutridas de N, apresentam melhor capacidade de assimilação e sintetização de carboidratos no processo da fotossíntese (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). Porém, ressalta-se que a qualidade da silagem além da quantidade de grãos na MS, é determinada também pela qualidade e relação do restante da planta como caule, folhas, palha e sabugo no produto final (NUSSIO *et al.*, 2001).

A adubação nitrogenada para o milho pode ser realizada com o uso de fontes orgânicas e minerais. Como nem todas as propriedades possuem adubação orgânica, o uso de adubos minerais é a mais comum para esta cultura. Nesta cultura, a adubação nitrogenada é feita na base, em que são adicionados, para a maioria das situações, de 20 a 40 kg de N ha<sup>-1</sup>; e o restante em cobertura, com as plantas entre V4 e V6 (CQFS – RS/SC, 2016). Para a adubação nitrogenada mineral, os principais adubos são a ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio, e em alguns casos o nitrato de cálcio.

Um dos problemas do uso de adubos minerais são seus potenciais de perdas e contaminação do ambiente. Isto ocorre porque o ciclo biogeoquímico do nitrogênio é bastante complexo e envolvendo várias transformações do elemento que passa por espécies aniônicas, catiônicas, incluindo fases gasosas. Na forma gasosa encontra-se o N<sub>2</sub>, molécula altamente estável e predominante do ar atmosférico, não é diretamente aproveitável pelos vegetais superiores. No solo o N, está ligado a cadeias carbônicas,

constituindo uma enorme variedade de compostos orgânicos, uma pequena parte do N total do solo encontra-se em forma mineral de amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), que são as formas minerais absorvíveis pelas plantas (TRIVELIN e FRANCO, 2011). O  $\text{N-NO}_3^-$  é um ânion que se apresenta no solo principalmente pelo processo de nitrificação, em que o elemento  $\text{N-NH}_4$  sofre oxidação transformando-se em  $\text{N-NO}_2^-$  e esse é transformando em  $\text{N-NO}_3^-$ . O  $\text{N-NO}_3^-$  apresenta carga negativa e não é adsorvido às partículas do solo, permanecendo na solução do solo, o  $\text{N-NO}_3^-$  então está susceptível a lixiviação, mas isto irá ocorrer somente quando elevados fluxos verticais de água ou a quantidade acumulada no solo é acima da requerida pelas plantas absorverem (VIEIRA, 2017).

As perdas de N são dependentes de uma série de fatores ambientais, químicos, físicos e biológicos que determinarão a velocidade das suas transformações. Em sistemas de cultivo, suas transformações e perdas são afetadas pela fonte de adubação e a forma de N adicionada (tipo de molécula). Dentre as fontes minerais a mais utilizada é a ureia  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , que tem sua forma em nitrogenado amídico, que não é absorvida pelas plantas. Para ser absorvido pelas raízes, o N precisa estar nas formas nítrica ( $\text{N-NO}_3^-$ ) ou amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ). Por isso, para que a o N da ureia se torne disponível para as plantas é necessária a sua transformação. Com a urease, enzima presente no solo, à ureia é transformada em amônia ( $\text{N-NH}_3$ ) e  $\text{CO}_2$  e na sequência, o  $\text{N-NH}_3$  reage com a água formando amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Esta reação é dependente da umidade e do pH do solo. Quando o pH é menor que 6,0, a reação é deslocada para maior formação de  $\text{N-NH}_4^+$ . Já quando o pH se torna mais alcalino, a reação desloca para formar mais amônia ( $\text{NH}_3^+$ ), que pode ser perdido para a atmosfera por ser um gás. Já no caso do sulfato de Amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , as perdas por volatilização são menores pelo motivo de que o sulfato ( $\text{SO}_4$ ) tem reação ácida e baixa do pH ao entorno do grânulo pela nitrificação em que ocorre a oxidação do  $\text{NH}_4^+$  à  $\text{NO}_3^-$ , resultando em íons  $\text{H}^+$ , reduzindo o risco de perdas por volatilização. Assim, a o equilíbrio da reação propiciando a formação de Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que não é perdido por volatilização. (FAQUIN, 2005, MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 2011; VIEIRA, 2017).

Após o nitrogênio ser transformado em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), ou no caso de já ter sido aplicado nesta forma, as perdas poderão ocorrer por lixiviação, uma vez que os da maior parte dos solos do Brasil possuem o balanço de cargas é negativo. A retenção do nitrato no solo pode se dar por ligação eletrostática com cargas positivas presente no solo. Em solos sem restrição de oxigênio a forma mineral mais predominante de nitrogênio é o

nitrate ( $\text{N-NO}_3^-$ ), a adsorção deste elemento ao solo na camada arável é insignificante, ficando assim na solução do solo favorecendo a lixiviação deste nutriente em profundidade, não explorado pelas raízes (CERETTA E FRIES, 1997).

Para reduzir as perdas por volatilização e lixiviação algumas tecnologias foram incorporadas aos fertilizantes. Uma das mais utilizadas atualmente são as ureias com inibidor da urease, que são uma alternativa para minimizar perdas por volatilização (CANTARELLA *et al.*, 2008). O NBPT (Tiofosfato de N-(n-butil) Triamida) é o produto que vem obtendo melhores resultados entre os testados como inibidores de urease (BREMNER e CHAI, 1986). O produto na sua forma original não é um inibidor direto da urease, ele tem de ser convertido no seu equivalente de oxigênio (Fosfato de N-(nbutil) Triamida - NBPTO), que é o verdadeiro inibidor (BREMNER e AHMAD, 1995). Esta tecnologia age na molécula de ureia por um dado período bloqueando três sítios ativos da urease (MANUNZA *et al.*, 1999), assim irá atuar no retardamento das reações com a inibição da hidrólise da ureia, este período é compreendido de 3 à 15 dias, permitindo assim a movimentação do fertilizante no perfil do solo pelo processo de difusão, podendo assim este ficar retido nas cargas, diminuindo assim as perdas por volatilização de  $\text{N-NH}_3^+$ , a eficiência do mesmo pode variar de acordo com a concentração, mistura de com outros fertilizantes, bem como a armazenagem podem diminuir substancialmente a efetividade do NBPT (CANTARELLA e MONTEZANO, 2010).

Outra tecnologia utilizada é o revestimento do grânulo de ureia com  $\text{S}^0$  que leva a uma redução do pH ao entorno do grânulo de ureia, na zona em que ocorre a hidrólise, o revestimento com  $\text{S}^0$  tem por função também diminuir a higroscopicidade da ureia e propiciar ao solo a adição de enxofre na forma elementar. Porém, a oxidação do  $\text{S}^0$  parece ser mais lenta que a taxa de hidrólise da ureia, que justifica resultados pouco satisfatórios. (AZEEM *et al.*, 2014). A evolução desta tecnologia veio com a adição de uma camada de polímeros a ureia já revestida com  $\text{S}^0$ , compondo assim uma segunda camada protetora (DETRICK, 1997). O mecanismo de retardo na liberação do N dos fertilizantes em grânulos revestido ocorre em três fases: 1ª) retardo do início da liberação; 2ª) fase com taxa de liberação gradual e 3ª) redução da taxa de liberação do nutriente fornecido pelo grânulo (BOTELHO, 2018). Em solos fertilizados com ureia revestida por polímeros Policote® é possível verificar o aumento no teor de  $\text{N-NH}_4^+$  em relação com solo adubado com ureia convencional sem revestimento, indicando maior permanência deste cátion no solo (MIYAZAWA e TISKI, 2011).



Outra tecnologia para proteção do grânulo é a sua cobertura com um material insolúvel em água, semipermeável ou impermeável com micro poros, regulando assim o fluxo de água (BORSARI, 2013). Quando utilizado materiais orgânicos para o revestimento em fertilizantes nitrogenados, mais comumente a ureia, as perdas de  $\text{N-NH}_3$  são reduzidas em 43% e adiando o pico em 24 horas após a aplicação em comparação a ureia sem revestimento (PAIVA *et al.*, 2012).

Como apresentado, cada fonte tem vantagens e desvantagens técnicas, o que tornam sua escolha mais difícil, que é agravada pelo preço dos produtos. Embora sejam insumos utilizados em larga escala, na literatura ainda são escassos trabalhos que fazem análise da eficiência técnica e econômica dos diferentes produtos. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência técnica, qualidade da silagem e custos de diferentes fontes de nitrogênio para adubação de cobertura em milho silagem.

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Barra Bonita – SC (26°39'29.5'' S e 53°28'45.2'' W). O clima classificado por Köppen, é do tipo Cfa, com verão quente e úmido, com média pluviométrica de 1900 mm. O experimento foi conduzido em Cambissolo Háptico (EMBRAPA, 2018), que vinha sendo cultivado com culturas anuais em sistema de plantio direto. A amostragem do solo foi realizada no mês de abril de 2019 na camada 0,20 m de profundidade, cujas análises revelaram os seguintes atributos: 270 g  $\text{kg}^{-1}$  de argila; 15,0 g  $\text{kg}^{-1}$  de matéria orgânica;  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  1:1 v:v 5,2; índice SMP 5,7; 10,5  $\text{mg dm}^{-3}$  de P; 196  $\text{mg dm}^{-3}$  de  $\text{K}^+$ ; 13  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de  $\text{Ca}^{2+}$ ; 3,6  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de  $\text{Mg}^{2+}$ ; 0,4  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$ ; e 17,5  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de CTC efetiva; 23,25  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  CTC  $\text{pH } 7,0$ .

No ano agrícola de 2019/2020 foram realizados dois cultivos de milho, safra e safrinha para silagem. As duas safras foram cultivadas em sistema de semeadura direta, sendo a safra realizada sobre palhada de aveia e ervilha. A correção do nível baixo de fósforo (P) foi realizada na semeadura da cobertura de inverno com 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de superfosfato triplo (CQFS RS/SC, 2016). Na semeadura, todos os tratamentos, inclusive a testemunha, receberam 20  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, 140  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 280  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  para safra; 20  $\text{kg ha}^{-1}$  de N, 110  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 220  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  para safrinha. Para adubação de base foram utilizados a fosfato monoamônico como fonte de N e  $\text{P}_2\text{O}_5$  na linha de semeadura com uso de semeadora equipada com sulcador,

o cloreto de potássio como fonte de K, sendo aplicado manualmente em superfície logo após a semeadura.

Os tratamentos consistiram de diferentes fontes de N aplicados na adubação de cobertura, quando as plantas atingiram estágio de V4 a V6. A dose de N utilizada foi a mesma para todas as fontes, suficiente para uma produção de 15 e 12 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca, para safra e safrinha, respectivamente. De acordo com a CQFS RS/SC (2016), a dose de N aplicado em cobertura foi de 195 kg ha<sup>-1</sup> para safra e 150 kg ha<sup>-1</sup> para safrinha. As fontes de N utilizadas no experimento e suas composições são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento, concentração de nitrogênio e composições químicas indicadas nos produtos.

<b>Tratamento</b>	<b>N (%)</b>	<b>Composição química</b>
Testemunha	-	-
Ureia comum	45	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO
Sulfato de amônio	21	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Nitrato amônio	33	NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>
Super N	45	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO + NBPT* = 0,045%
N-LC (Nitrogênio de liberação controlada)	35	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO (77,78%) + S = 7,3% + NBPT = 0,09%
N-LP (Nitrogênio de liberação progressiva)	29	N+Ca+Mg+S+m micronutrientes em matriz orgânica

\*Inibidor da urease (N-(n-butil) tiofosfórico triamida).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 unidades experimentais. As parcelas apresentavam dimensões de 7,0 x 6,4 m (8 linhas de 80 cm de espaçamento), tendo como área útil 5,0 x 3,2m, equivalente a uma área de 16 m<sup>2</sup> (Anexo 1).

Na safra foi semeado o híbrido simples Biomatrix BM 3066 PRO 2 que possui aptidão para silagem e ciclo precoce. Na semeadura foram utilizadas sementes para uma população de 72 mil sementes por hectare e, após a emergência, foi realizado o raleio do milho deixando 65 mil plantas por hectare. Já na safrinha foi utilizado outro híbrido simples o Biomatrix BM 812 PRO 2, que apresenta ciclo precoce e também de dupla aptidão. A população utilizada na semeadura da safrinha foi de 62 mil sementes por hectare, permanecendo 55 mil após o raleio. Os tratos culturais seguiram recomendações técnicas para cultura.

No momento que o milho atingiu o ponto de silagem, com as plantas apresentando 30 a 35% de matéria seca (MS) e grão em R5 (grão metade dentado) (MAGALHÃES e DURÃES, 2006), foi realizada a avaliação da matéria verde (MV), MS e a qualidade da forragem produzida. Avaliação da produção de matéria verde foi realizada com o corte e pesagem das plantas da área útil de cada parcela, com balança digital de gancho. Em seguida, as plantas cortadas foram picadas com ensiladeira e, após homogeneização da matéria verde picada, uma amostra de um kg foi coletada para determinação do teor de MS e teores de proteína bruta total. As amostras obtidas foram secas em estufa a 60°C com circulação de ar forçada até peso constante, pesadas e moídas para análise do percentual de proteína bruta (PB), conforme descrito em Tedesco *et al.* (1995).

A qualidade da forragem produzida foi avaliada também pela mensuração do percentual da massa de folhas, de colmo e de espiga, além do percentual de proteína bruta total. Para estas análises, antes da coleta total da área útil da parcela, cortadas aleatoriamente 20 plantas, as quais foram fracionadas em folhas, colmo e espigas. Após contagem do número de folhas verdes (FV), secas (FS) e total de folhas (FT), cada fração foi então pesada separadamente para determinação da massa e cálculo do percentual de folhas (PF), percentual de caule (PC) e percentual de espiga (PE).

Além das avaliações de produção, nutrição e qualidade da silagem, foram também realizadas análises de custos dos fertilizantes, como: custo da adubação nitrogenada por tonelada de MS produzida ( $C_{MS}$ ), por kg de proteína ( $C_{PB}$ ) descrita pela equação 1 e 2:

$$C_{MS} = \text{CustoN} / (M_{Strat} - M_{Stest}) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$C_{MS}$  = custo da MS obtida com adubação nitrogenada de cobertura expressa em R\$ t<sup>-1</sup>;  $CustoN$  = custo da adubação nitrogenada de cobertura;  $M_{Strat}$  = produção de MS do tratamento em t ha<sup>-1</sup>;  $M_{Stest}$  = produção de MS do tratamento testemunha em t ha<sup>-1</sup>.

$$C_{PB} = \text{CustoN} / (PB_{trat} - PB_{test}) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$C_{PB}$  = custo da PB obtida com adubação nitrogenada de cobertura expressa em R\$ kg<sup>-1</sup>;  $CustoN$  = custo da adubação nitrogenada de cobertura;  $PB_{trat}$  = produção de PB do tratamento em kg ha<sup>-1</sup>;  $PB_{test}$  = produção de PB do tratamento testemunha em kg ha<sup>-1</sup>.

1.

A eficiência agrônômica de uso do N foi determinada segundo Fageria e Baligar (2005), descrito pela equação 3:

$$Ea = ((PMScf - PMSsf)/QNa) \quad \text{Equação 3}$$

$Ea$ = eficiência agrônômica expressa a razão da massa de MS do N aplicado em  $\text{kg kg}^{-1}$ ;  $PMScf$ = produção de MS do tratamento com fertilizante nitrogenado em  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  $PMSsf$  = produção de MS do tratamento testemunha sem fertilizante em  $\text{kg ha}^{-1}$ ;  $QNa$ = quantidade de N aplicado em cobertura em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e, após comprovada sua normalidade, a análise da variância, e quando encontradas diferenças significativas, o teste de Scott-Knott ( $\alpha=5\%$ ) foi utilizado para separação de médias.

## Resultados e Discussão

As condições climáticas dos períodos de safra e safrinha 2019/2020 foram distintas, especialmente a precipitação. A temperatura média durante o ciclo da safra variou de  $12,3^{\circ}\text{C}$  à  $30,3^{\circ}\text{C}$  (Figura 1) e ao final do mês de setembro, período da semeadura da safra, variava de  $16$  a  $26,4^{\circ}\text{C}$ , ideal para a germinação. A semeadura da safra ocorreu com boa umidade do solo, com a última precipitação com volume de  $35\text{mm}$  ocorrida nove dias antes e a segunda,  $28\text{mm}$ , quatro dias após a semeadura. Estas condições foram ótimas para a instalação da cultura e da densidade de plantas. No mês de outubro, o qual foi efetuada a aplicação dos tratamentos com a adubação nitrogenada em cobertura a temperatura variou de  $15,4$  a  $29,8^{\circ}\text{C}$ .

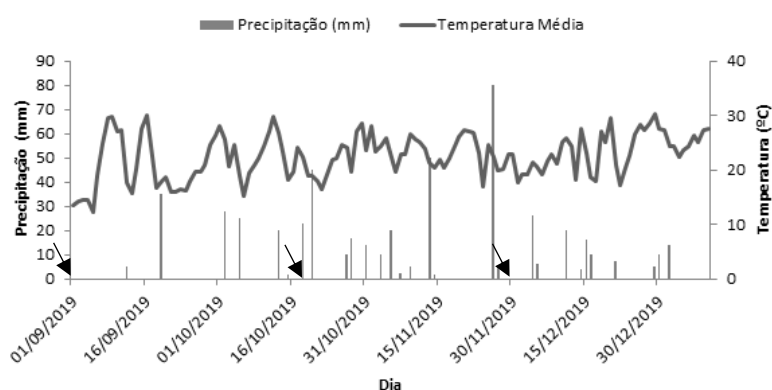


Figura 1- Precipitação e temperatura média ocorridas na safra 2019/2020 no local do experimento. Barra Bonita. SC. As setas sobre a figura indicam em ordem cronológica a semeadura, aplicação dos tratamentos e o florescimento da cultura. (Fonte: Os Autores)

Na safrinha a temperatura média durante o ciclo variou de 14°C a 30°C (Figura 2), nas proximidades do dia 16 de janeiro qual ocorreu à sementeira a temperatura variou de 21 a 26 °C, condição próxima da ideal para a germinação. O mesmo ocorre com a umidade do solo em que horas após a sementeira ocorre precipitação de 33 mm favorecendo para uma boa germinação. No mês de fevereiro, o qual foi efetuada a aplicação dos tratamentos com a adubação nitrogenada em cobertura a temperatura variou de 16,8 a 27 °C.

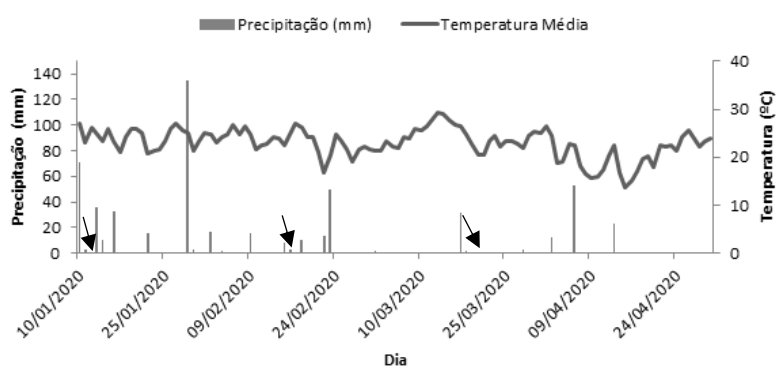


Figura 2- Precipitação e temperatura média ocorridas na safrinha 2019/2020 no local do experimento. Barra Bonita, SC. As setas sobre a figura indicam em ordem cronológica a sementeira, aplicação dos tratamentos e o florescimento da cultura. (Fonte: Os Autores)

Em relação ao momento de aplicação dos tratamentos de adubação nitrogenada de cobertura, tanto na safra quanto na safrinha ocorreram condições adequadas. Na safra, ocorreram precipitações de 36; 20; e 7 mm no 2°, 8° e 9° dia, respectivamente, após a aplicação das fontes nitrogenadas de cobertura. Já na safrinha, ocorreram precipitações de 3; 10; 13 e 50 mm, no dia da aplicação, no 2°, 6° e 7° dia, respectivamente, após realizar a aplicação das fontes nitrogenadas de cobertura. Os volumes de chuva citados promoveram a incorporação do N proveniente das diferentes fontes, aumentando assim a disponibilidade do nutriente às plantas e as perdas para o ambiente.

Todavia, após a aplicação dos tratamentos na safra, ocorreram precipitações acumuladas, num total de 380 mm, subdivididas em 23 fenômenos meteorológicos, sendo estes bem distribuídos durante o restante do ciclo da cultura. Já na safrinha, as precipitações foram de menor intensidade e menos distribuídas, acumulando um total de 200mm, divididas em 10 fenômenos meteorológicos.

Embora safra e safrinha tenham apresentado condições de clima diferentes, capazes de, em tese, afetar o aproveitamento do N aplicado, não foram observadas diferenças importantes entre as fontes utilizadas (Tabela 2 e 3). Pode-se perceber que a aplicação de N em cobertura resultou no aumento da produção de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), mas não houve diferenças produtivas entre as fontes testadas. A resposta à adubação nitrogenada de cobertura para a cultura do milho é dependente na maioria das situações de solo e clima. A ausência de adubação nitrogenada é um dos principais fatores prejudicial ao desenvolvimento da cultura do milho, afetando severamente sua produtividade (GUARESCHI; PERIN; GAZOLLA, 2013; PEREIRA *et al.*, 1999).

A volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ) é considerada uma das principais reações que levam a perdas de N do sistema, sendo próximo de 20% (RODRIGUES, J. D. O. *et al.*, 2012). Este fenômeno inicia-se quando a molécula de ureia entra em contato com o solo úmido e com a enzima uréase, transformando-se em  $\text{N-NH}_3$  e  $\text{C-CO}_2$ . Após essa reação inicial, não havendo umidade suficiente para a  $\text{N-NH}_3$  reagir com a água e se transformar em  $\text{N-NH}_4^+$ , ocorre a sua perda na forma de gás para a atmosfera, sendo a ureia convencional o produto testado mais suscetível a sofrer estas perdas.

O processo de lixiviação é outro fator que acarreta perdas de nitrogênio do sistema. Este processo está intimamente ligado ao número de sítios de adsorção, sendo que solos com maior teor de argila e matéria orgânica, sofrem menores perdas quando comparado a solos com maiores teores de areia (ERNANI, 2008). As perdas podem ser também afetadas pelo tipo de adubo utilizado, dentre as fontes de N testadas, a que apresenta maior probabilidade inicial de perdas por lixiviação seria o nitrato de amônio.

Além disso, não ocorreram grandes precipitações pluviométricas após aplicação dos tratamentos durante os dois cultivos, conseqüentemente menos favoráveis a lixiviação do  $\text{N-NO}_3^-$ . Outro fator relevante para as perdas de N por lixiviação é o pH do solo, que quando for acima de 5, aumenta a nitrificação, disponibilizando maior quantidade de N as plantas e conseqüentemente favorece as perdas por lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  no perfil do solo. Considerando o pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) do solo era de 5,2 (Tabela 1) e as chuvas bem distribuídas (Figura 1 e 2) e de volume total moderado, as perdas de N por lixiviação podem não ter sido importantes.

Alguns trabalhos como de Valderrama *et al.*, (2011), Mota *et al.*, (2015), Silva *et al.*, (2012) e Valderrama *et al.*, (2014) em relação aos índices produtivos estudados não foram afetados pelas diferentes fontes de N testadas, efetivando o fato de que nas

circunstâncias edafoclimáticas testadas, as fontes revestidas por polímeros e de liberação lenta não se sobressaíram comparadas a ureia convencional. Em estudo com cana-de-açúcar, em Piracicaba - SP, não se obteve diferença significativa para os atributos avaliados, quando comparou-se diferentes fontes de N, inclusive fontes com inibidor de urease e nitrificação (BARTH, 2009). Ainda evidencia-se que em alguns casos as perdas de NH<sub>3</sub>, entre os fertilizantes, inclusive na ureia convencional, não refletem na produtividade do milho (MEIRA *et al.*, 2009). A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), também não apresentou diferença entre as fontes de N convencionais e de liberação lenta, quando aplicados em cobertura (CARVALHO e FERREIRA, 2009). Em nosso estudo, não foram evidenciadas diferenças produtivas nas variáveis MV, MS e PB das fontes testadas.

Tabela 2 - Matéria verde (MV), matéria seca (MS), número de folhas verdes (FV), folhas secas (FS); total de folhas (TF), porcentagem de folhas (PF), colmo (PC), espigas (PE); percentual de proteína bruta (PB) e proteína bruta acumulada por hectare (PBha) de milho safra (2019/2020) cultivado para silagem com adubação nitrogenada de cobertura com diferentes fontes de N.

Tratamentos	MV	MS	FV	FS	TF	PF	PC	PE	PB	PBha
	----- t ha <sup>-1</sup> ----	----- t ha <sup>-1</sup> ----	----- n° planta <sup>-1</sup> -----	----- n° planta <sup>-1</sup> -----	----- n° planta <sup>-1</sup> -----	----- % -----	----- % -----	----- % -----	----- % -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----
Testemunha	31,1 b <sup>1</sup>	10,2 b	7,5 b	6,5 a	14,0 <sup>ns</sup>	23,8 <sup>ns</sup>	45,4 a	30,8 b	3,52 b	359 b
Ureia	54,8 a	17,0 a	10,7 a	3,1 b	13,8	27,5	36,2 c	36,3 a	7,10 a	1208 a
Super N	55,8 a	18,4 a	11,2 a	2,5 b	13,7	26,3	36,5 c	37,2 a	7,10 a	1304 a
sulfato	57,7 a	18,0 a	11,2 a	2,8 b	14,0	27,7	37,4 c	34,9 a	7,17 a	1293 a
nitrato	56,6 a	18,0 a	10,8 a	3,2 b	14,0	26,3	37,6 c	36,1 a	6,90 a	1244 a
N-LC	51,0 a	17,0 a	10,1 a	3,8 b	13,9	24,4	39,1 b	36,5 a	6,37 a	1084 a
N-LP	54,6 a	18,2 a	9,7 a	4,3 b	14,0	24,6	39,2 b	36,2 a	6,82 a	1241 a
CV (%)	8,52	6,86	6,52	17,13	2,06	9,01	2,87	4,80	6,82	10,05

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não significativo.

Tabela 3 - Matéria verde (MV), matéria seca (MS), número de folhas verdes (FV), folhas secas (FS); total de folhas (TF), porcentagem de folhas (PF), colmo (PC) e espigas (PE); de milho safrinha (2019/2020) cultivado para silagem com adubação nitrogenada de cobertura com diferentes fontes de N.

Tratamentos	MV	MS	FV	FS	TF	PF	PC	PE
	----- t ha <sup>-1</sup> ----	----- t ha <sup>-1</sup> ----	----- n° planta <sup>-1</sup> -----	----- n° planta <sup>-1</sup> -----	----- n° planta <sup>-1</sup> -----	----- % -----	----- % -----	----- % -----
Test	23,9 b <sup>1</sup>	7,6 b	7,9 c	5,6 a	13,5 <sup>ns</sup>	26,3 <sup>ns</sup>	39,7 a	34,0 c
Ureia	39,9 a	12,9 a	9,8 b	3,2 c	13,0	25,6	35,9 c	38,5 b
Super N	40,7 a	13,4 a	10,6 a	2,3 e	12,9	26,2	34,3 c	39,5 a
sulfato	37,4 a	13,0 a	9,6 b	2,9 d	12,5	25,4	34,2 c	40,4 a
nitrato	40,4 a	13,9 a	9,6 b	3,5 c	13,1	25,2	36,8 b	38,0 b
N-LC	38,1 a	13,3 a	9,7 b	4,1 b	13,8	25,7	36,9 b	37,4 b
N-LP	39,6 a	13,5 a	9,8 b	3,2 c	13,0	24,8	34,8 c	40,4 a
CV (%)	7,75	8,85	2,60	8,64	3,25	3,74	3,40	3,03

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo.

Na safra, independente dos tratamentos utilizados, não se observou diferença nas composições morfológicas estudadas na planta de milho. Em todos os tratamentos o número de folhas totais (TF) foi o mesmo (Tabela 2 e 3), bem como o número de espigas por planta (dado não mostrado). Quando as plantas foram avaliadas em suas partes separadamente, número de folhas verdes (FV), número de folhas secas (FS), percentagem de folhas (PF), percentagem de colmos (PC) e percentagem de espigas (PE), algumas diferenças puderam ser observadas (Tabela 2 e 3). O não uso da adubação de cobertura resultou mais FS e menos FV. Por outro lado, as outras fontes testadas tiveram resultados iguais aos da ureia convencional, com exceção do Super N que obteve maior número de FV. Porém, interessante, houve diferenças na porcentagem de colmo, em que os tratamentos com N-LC e N-LP apresentaram maior relação de colmo, sem interferir no teor total de PB e MS e MV (Tabela 2 e 3). Uma explicação para isso pode ser a suplementação de outros nutrientes, que estão agregados aos fertilizantes.

Um efeito interessante dentre os tratamentos foi observado no número de FS da safrinha. As fontes que apresentavam revestimentos nos grânulos (N-LC, N-LP) e convencionais (ureia, nitrato e sulfato) apresentaram maior quantidade de FS no decorrer do ciclo (Tabela 3). As fontes de N estudadas no presente trabalho apresentam diferentes capacidades de suprir as demandas da cultura do milho para silagem. A fonte e a dose de N em cobertura podem alterar a proporção morfológica (caule, folhas, espiga), assim podendo alterar a qualidade final do milho para silagem (NEUMANN *et al.*, 2005).

Ainda assim a fonte de N utilizada poderia vir a apresentar resultados distintos na cultura do milho, porem quando testadas ureia convencional, ureia polimerizada e nitrato de amônio na cultura do milho, não encontrou efeito entre as diferentes fontes de N sobre a produtividade de grãos e massa de mil grãos (QUEIROZ *et al.*, 2011). Também não se obteve variações significativas com diferentes fontes de N (convencionais e especiais) na produtividade de milho (MEIRA, 2006). Contudo, quando avaliando ureia convencional, nitrato de amônio e N-LP, no município de São José do Ouro - RS obtiveram-se resultados em que a maior produtividade fora obtida pela aplicação de nitrato de amônio, já o rendimento de mil grãos a aplicação de N-LP diferiu das demais fontes apresentando maior peso para mil grãos (ROSA *et al.*, 2018).



As formas de aplicação de nitrogênio e a sua respectiva fonte podem influenciar na produção de milho (BASI *et al.*, 2011), porém dados apresentados neste mesmo estudo refuta a diferença entre as fontes testadas, por não apresentar diferença na produtividade do milho para silagem. Porém, a aplicação de ureia convencional gerou maior rendimento de grãos e maior número de espigas em comparação ao nitrato de amônio, quando avaliadas diferentes fatores fontes de N sobre os fatores produtivos (SANGÓI *et al.*, 2010). Em outras condições de solo e culturas, a ureia não apresenta vantagens competitivas quando comparada a eficiência de fontes mais modernas de N. Melo *et al.*, (2009), estudando adubação nitrogenada com fontes polimerizadas para a cultura do algodão cultivada em um Neossolo Quartzarênico, observaram resultados significativos entre os tratamentos utilizados, sendo que, fontes polimerizadas podem ter sua dose reduzida pela metade, obtendo resultados semelhantes aos da ureia convencional em dose total indicada.

Da mesma forma que ocorreu com a MV e a MS, a PB das plantas de milho foi somente menor nas parcelas sem aplicação de N. Todas as fontes de N utilizadas apresentaram os mesmos teores de PB na forragem obtida (Tabela 2). As diferenças em relação às parcelas testemunha devem-se ao baixo suprimento de N proveniente do solo e a consequente alteração da composição da planta ao final de ciclo, que apresentavam FV, FS, PC e PE inferiores.

O uso de ureia tratada com aditivo NBPT tem o potencial de aumentar o rendimento de grãos quando comparada a ureia convencional (FRAZÃO *et al.*, 2014). A menor perda do N por volatilização pode também aumentar a nutrição das plantas e, consequentemente, a PB. Porém, tal fato não foi verificado no presente estudo, pois o Super N e N-LC, que apresentavam esta tecnologia, obtiveram resultados similares aos demais produtos testados, incluindo a ureia convencional. Esses dados corroboram com aqueles obtidos por Lucas (2016), que também não encontrou diferenças no crescimento, estado nutricional e produtividade do milho em adubações com ureia convencional e com inibidores de urease. Mota *et al.*, (2015) compararam em seu estudo, ureia com inibidores de nitrificação e de urease, ureia convencional e nitrato de amônio, constatando também que não houve diferença entre as fontes testadas. Soratto *et al.*, (2011) analisaram diferentes fontes de N para cultura de milho, não obtendo respostas produtivas para as fontes. Pelo exposto, as diferentes fontes de N, incluindo aquelas de maior tecnologia, nem sempre são superiores a ureia convencional, necessitando de condições especiais para apresentarem maior eficiência técnica.

Outras evidências reforçam a hipótese de igualdade dentre as fontes de N testadas. A produtividade obtida, 17,7 t ha<sup>-1</sup> na safra e 13,3 t ha<sup>-1</sup> na safrinha, foi maior que a produtividade estimada e utilizada para calcular a dose de N. Isto significa que não houve adubação excessiva, o que poderia ter igualado adubos menos eficientes tecnicamente por um efeito de dose acima da necessária. Outro indício é o teor médio de PB semelhante entre as fontes (6,9% em média). Este teor está dentro da faixa relatada por outros autores que também estudaram milho para silagem e encontraram valores de PB entre 5,74 e 6,98% (FERREIRA et al., 1991; AMIN e MELLO, 2009).

A eficiência agronômica (EA) representa a quantidade em kg de MS produzidos por unidade de N aplicado. A EA das diferentes fontes utilizadas neste estudo não diferiram entre si na safra e na safrinha (Tabela 4). Estes dados corroboram com os resultados obtidos por Mota *et al.*, (2015) em que não obtiveram diferença na EA utilizando diferentes fontes de N por dois anos consecutivos.

Tabela 4 – Eficiência agronômica da adubação nitrogenada de cobertura com diferentes fontes de N para a cultura do milho para silagem na safra e safrinha do 2019/2020.

Fontes de N	Eficiência Agronômica de uso do N pelo milho silagem	
	Safra	Safrinha
	MS, kg kg <sup>-1</sup> de N	
Ureia	34,78 <sup>ns</sup>	34,99 <sup>ns</sup>
Super N	41,94	38,56
sulfato	40,15	36,01
nitrato	40,06	42,07
N-LC	35,17	37,80
N-LP	41,22	38,98
CV (%)	17,61	22,65

<sup>ns</sup>Não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Sabe-se que a eficiência mundial estimada do uso de nitrogênio no cultivo de cereais é de, aproximadamente, 33% quando essa é feita em doses e épocas adequadas (RAUN e JOHNSON, 1999). O nitrogênio passa por muitas transformações no solo, podendo assim ser assíncrona a demanda das culturas e a disponibilidade do nutriente, com isso a eficiência global da aplicação de N na forma de fertilizantes minerais fica em torno de 50%, sendo perdido ou imobilizado no solo o restante do N aplicado, sendo dependente das condições climáticas para ocorrer às transformações, imobilização e perdas (BAYER e FONTOURA, 2006). Em melhores condições meteorológicas, especialmente chuvas durante o ciclo da cultura resulta maior resposta a fertilização nitrogenada (BENIN *et al.*, 2012). Segundo Brady (1989) a ureia possui a mesma

eficiência de outros adubos nitrogenados, sendo assim uma alternativa para o fornecimento de nitrogênio, contudo possui desvantagem que seria a possibilidade de ocorrer perdas de até 96% dependendo de condições climáticas e ausência de outros nutrientes se comparada a algumas fontes.

Algumas mudanças na eficiência da adubação ocorrem em função de fertilizantes revestidos por polímeros serem produzidos buscando diminuir perdas do nitrogênio tanto por volatilização como lixiviação, podendo assim reduzir a dose aplicada (ZHRANI, 2000). Quanto ao momento da aplicação, não há diferença entre a utilização de fertilizantes revestidos com polímeros e a utilização de adubação convencional (VIEIRA e TEIXEIRA, 2004). Quando a eficiência dos fertilizantes revestidos por polímeros é maior, a explicação está na própria estrutura dos grânulos. Nestes produtos, a água absorvida solubiliza os nutrientes que estão no interior dos grânulos que, por possuírem uma estrutura porosa liberam mais lentamente, conforme a necessidade da planta (TOMASZEWSKA; JARPSOEWICZ; KARAKKULSKI, 2002). Contudo, este efeito pode não ser assim importante em algumas situações, pois vários estudos não encontraram efeitos significativos na produtividade do milho, sempre se comparados aos fertilizantes convencionais (VALDERRAMA *et al.*, 2011; CIVARDI *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2012).

A análise econômica no uso de diferentes fontes N está apresentada na Tabela 5. Na safra os tratamentos com N-LC e N-LP tiveram os maiores custos da adubação de cobertura por tonelada adicional de MS produzida, equivalendo a 174 e 183 % respectivamente, a mais que a ureia convencional, as demais fontes não diferiram entre si (Tabela 5). Já na safrinha três fontes se sobressaíram tendo menores custos da MS adicional, a ureia convencional, o Super N e o nitrato de amônio, tendo o sulfato de amônio, N-LC e N-LP sido 69, 110 e 129 % respectivamente, maior o custo em relação à ureia convencional. Com relação ao custo do quilograma de PB produzida na safra os menores custos obtidos foram com o uso de ureia convencional e Super N, 0,73 e 0,82 R\$ Kg<sup>-1</sup>, respectivamente, tendo o nitrato de amônio e o sulfato de amônio sendo intermediários com 72 e 83% respectivamente, maior o custo em relação à ureia convencional e os tratamentos que obtiveram maior custo do quilograma de PB produzida foram o N-LP e o N-LC em que resultaram no acréscimo de 196 e 216 % respectivamente, no custo em relação a ureia convencional.

Tabela 5 - Custo da tonelada de matéria seca e do quilograma de proteína bruta produzida pelo milho para silagem na safra e safrinha do 2019/2020 com o uso de adubação nitrogenada de cobertura com diferentes fontes de N.

Tratamentos	Custo do fertilizante R\$ kg <sup>-1</sup> de N	MS		PB	
		Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
		----- R\$ t <sup>-1</sup> -----	----- R\$ t <sup>-1</sup> -----	----- R\$ Kg <sup>-1</sup> -----	----- R\$ Kg <sup>-1</sup> -----
Ureia	3,11	90,48 b <sup>1</sup>	141,84 b	0,73 c	N.A.
Super N	3,91	94,10 b	140,71 b	0,82 c	N.A.
sulfato	6,34	160,82 b	240,35 a	1,34 b	N.A.
nitrito	5,63	142,17 b	178,88 b	1,26 b	N.A.
N-LC	8,57	248,70 a	298,41 a	2,31 a	N.A.
N-LP	9,59	256,71 a	324,97 a	2,16 a	N.A.
CV (%)	-	27,69	22,13	13,64	-

<sup>1</sup>médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo. N.A. Não analisada.

Avaliando diferentes fontes e doses de N em sorgo granífero e realizando análise econômica, Silva *et al.*, (2013), observaram que a ureia obteve a maior receita bruta em comparação ao sulfato de amônio em todas as doses testadas, também fora citado que utilizando a ureia como fonte obtiveram as maiores produtividades.

Queiroz *et al.*, (2011), concluíram que não houve diferença significativa entre as diferentes fontes utilizadas na produção de grãos e massa de mil grãos, sendo a ureia convencional a melhor opção para ser utilizada pelo produtor, pois apresentou a melhor relação custo benefício e menor custo por kg de nitrogênio a ser aplicado.

## Conclusão

A cultura do milho respondeu positivamente a adubação nitrogenada de cobertura, mas não a fonte de fertilizante utilizado. Quando aplicados em cobertura, os fertilizantes minerais de eficiência aumentada se igualam aos fertilizantes convencionais na produção de milho para silagem.

Os fertilizantes foram capazes de apresentar diferença nas proporções morfológicas das plantas (caule, folhas, espiga), mas tais diferenças não foram capazes de alterar a matéria verde, matéria seca e proteína.

Conclui-se que as fontes mais indicadas para as condições estudadas neste experimento, para um melhor custo/benefício, são a ureia convencional e Super N, apresentando menores custos combinados em ambos os fatores sendo R\$ t<sup>-1</sup> MS e R\$ Kg<sup>-1</sup> PB.

## Referências

AMIN, W. G.; MELLO, S. D. P. Avaliação da qualidade das silagens de girassol, milho, sorgo e milheto em diferentes espaçamentos. **Nucleus Animalium**, v. 1, n. 1, p. 129-142, 2009.

ARAÚJO, R. M. *et al.* Resposta do milho verde à inoculação com *Azospirillum* brasilense e níveis de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, 2014.

AZEEM, B. *et al.* Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. **Journal of controlled release**, v. 181, p. 11-21, 2014.

BARTH, G. Inibidores de uréase e de nitrificação na eficiência de uso de adubos nitrogenados. 2009. 79 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BASI, S. *et al.* Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho: subtítulo do artigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 3, n. 4, p. 219-234, 2011.

BAYER C.; FONTOURA S. M. V. Dinâmica do nitrogênio no solo, pré-culturas e o manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em plantio direto. **In:** Fontoura SMV, Bayer C, editores. Manejo e fertilidade de solos em plantio direto. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária; 2006.

BENIN, G. *et al.* Desempenho agrônomico de cultivares de trigo em resposta aos níveis de fertilização com nitrogênio. **Acta Scientiarum**. Agronomia, Maringá, v. 34, n. 3, 2012.

BISSANI, C.A. *et al.* Nitrogênio e Adubos nitrogenados. **In:** BISSANI, C.A.; GIANELO, C.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. (Ed.) Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, p.145-168. 2008.

BORSARI, Franco. Fertilizantes inteligente: As novas tecnologias permitem o consumo dos nutrientes pelas plantas de forma gradativa, lenta e controlada. **Agro DBO**, p. 54-57, 2000.

BOTELHO, R. T. de C. Desempenho agrônômico do milho em função de épocas de semeadura na segunda safra e manejo da adubação nitrogenada em cobertura. **Dissertação** (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018. 50 p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos: aspectos econômicos do enxofre e do nitrogênio dos solos**. Rio de Janeiro, 323-372p, 1989.

BREMNER, J. M.; CHAI, H. S. Evaluation of N-butyl phosphorothioic triamide for retardation of urea hydrolysis in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.17, n.3, p.337-351, 1986.

BREMNER, J. M.; AHMAD, N. Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. **Fertilizer Research**, v. 42,. 1-3, p. 321-329, 1995.

BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C. Silagem de alta qualidade para bovinos. **In: RESTLE, J. (Ed.) Eficiência na produção de bovinos de corte**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. p.147-184.

CANTARELLA, H.; *et al.* Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.397-401, 2008.

CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. **In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI, . v. 2, p. 1-65. 2010.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, A. C. B. Eficiência de épocas de aplicação de fontes convencionais e alternativas de fertilizantes nitrogenados na cultura do algodoeiro - Safra 2007/2008. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p.1860-1868, 2009.

CERETTA, C.A; FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **In:** NUERNBERG, N.J. Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Cap.7, p.111-120. 1997.

CIVARDI, E. A. *et al.* ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.01, p.52-59, 2011.

COELHO, Antônio Marcos. Nutrição e Adubação do Milho. **Circular técnica 78 - Embrapa**, Sete Lagoas, MG, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 376 p., 2016.

DETRICK, J. H. Process for producing improved sulfur-coated urea slow release fertilizers. **United States Patent Office**, 1997.

EMBRAPA. Silos, Silagem E Ensilagem. **EMBRAPA - Gado de Corte**, Campo Grande, MS, n. 2, 1995.

ERNANI P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O Autor; 2008.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. 2 ed. Piracicaba: Os autores, 360p. 2004.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. Lavras – MG: FAEPE, p. 1-186. 2005.

FERREIRA, J. J. Aspectos importantes para melhor qualidade da silagem de milho e maior eficiência na sua utilização. **Circular Técnica EMBRAPA**. Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custos de produção, n.14, p.59-67, 1991.

FRAZÃO, J.J. *et al* . Fertilizantes nitrogenados de deficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.18, n.12, p.1262-1267, 2014.

GERIK, T.J.; FAVER, K.L.; THAXTON, P.M. Estresse hídrico no final da temporada de algodão: I. Crescimento da planta, uso da água e rendimento. **Crop Science**, Madison, v.36, p.914-921, 1996.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

GUARESCHI, R.F.; PERIN, A.P.; GAZOLLA, P.R. Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros. **Global Science and technology**, Rio Verde, v. 6, n.2, p. 31-37, 2013.

IBGE. **Censo Agropecuário**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6615>>. Acesso em: 16 maio 2020.

KEPLIN, L.A.S. Silagem de milho de alta qualidade. In: CARLESSO, R.; ROSA, G.M.; PETRY, M.T. et al. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p.36-58. 2001.

LUCAS, F.T. Efeitos da ureia com inibidores de nitrificação e urease na cultura do milho. **Tese**. Universidade Estadual Paulista – Unesp Campus De Jaboticabal. 60 p. 2016.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Fisiologia da produção de milho. Circular Técnica 76 – Embrapa, Sete Lagoas, MG, 10p. 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MANUNZA, B. *et al.* The binding mechanism of urea, hydroxamic acid and N-(Nbutyl)phosphoric triamide to the urease active site. A comparative molecular dynamics study. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 5, p. 789-796, 1999.

MARTIN, T.N.; *et al.* Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. **In: Anais do IV In: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, Maringá. p.319. p.173-219. 2011.



MEIRA, F. A. *et al* . Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina**: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MEIRA F. A. Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho. 2006. 52 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho , Ilha Solteira.

MELO, L. A. F. *et al* . Adubos polimerizados podem reduzir a adubação nitrogenada e fosfatada no algodoeiro. **In**: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 52-60. 2009.

MOTA, M. R. *et al* . Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.39, p.512-522, 2015.

MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo em função de fontes nitrogenadas: ureia e ureia revestida por policote. Resumo expandido. **In**: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia, 2011.

NEUMANN, M. *et al* . Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p. 418-427, 2005.

NUSSIO, L.G. Silagem de milho. **In**: PEIXOTO, A.M. *et al*. **Alimentação suplementar**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, p.27-46. 1999.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P. de; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. **In**: Anais do Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, Maringá. p.319. 2001.

PAIVA, D. M. *et al*. Urea coated with oxidized charcoal reduces ammonia volatilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1221-1229. 2012.

PANDOLFO, C. M. et al. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum* brasilense associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 27, n.3, p. 94-99, 2015.

PEREIRA, S. L. et al . Efeitos da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.04, p.791- 799, 1999.

QUEIROZ, A. et al. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 1 ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420 p. 2011.

RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. **Agronomy Journal**, v.91, p.357-363, 1999.

RODRIGUES, J. D. O. et al. Perdas por Volatilização de Diferentes Adubos Nitrogenados Aplicados no Cafeeiro Conilon . FERTBIO 2012, Maceió - AL, set./2012.

ROSA, M. P. D. et al. Uso de Diferentes Fontes de Nitrogênio para Adubação de Cobertura na Cultura do Milho. **Sociedade Brasileira De Ciência do Solo** , Xanxerê, 2018.

SANGÓI, L. et al . A resposta do rendimento de grãos do milho a cobertura nitrogenada depende da fonte de N e do método de aplicação do fertilizante. **In: Anais do XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Goiânia. 2010.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. 356 p. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SORATTO R.P.; SILVA A.H.; Cardoso SM, Mendonça SG. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**. p.62-70. 2011.

SILVA, A. A. et al . Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v.28, n.01, p.104-111, 2012.

SILVA, J. C. D. et al . Análise econômica de diferentes fontes e doses de nitrogênio no cultivo de sorgo granífero . **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2735-2748, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição Mineral. **In:** \_\_\_\_\_, Fisiologia vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722p. Cap.5: Nutrição mineral. p.96-101.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. **Deslination**, v.146, n.01, p.319- 323, 2002.

TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J. Adubação nitrogenada e a sustentabilidade de agrossistemas. **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 7, p. 193-219. 2011.

VALDERRAMA, M. et al . Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 659-670, 2014.

VALDERRAMA, M. *et al* . Fontes e doses de npk em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.02, p. 254-263, 2011.

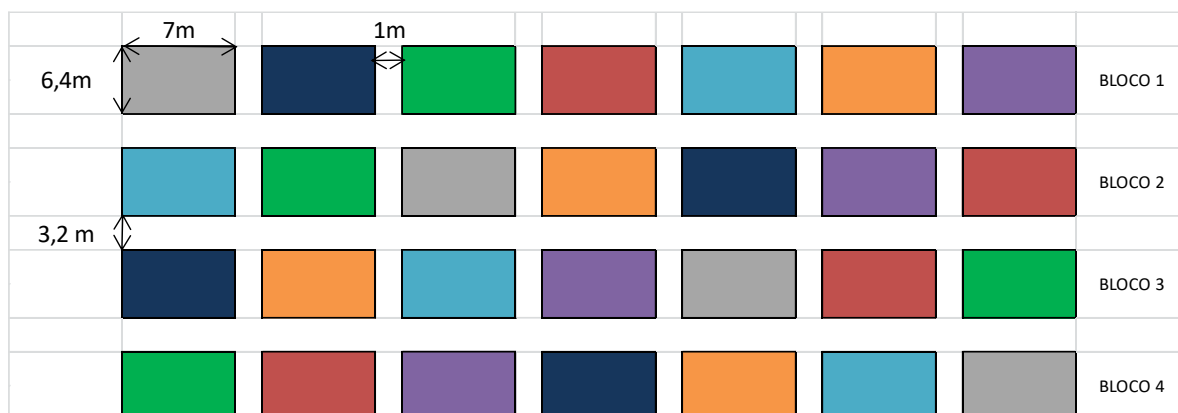
VIEIRA, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. 21. ed. Brasília, DF: **Embrapa**, p. 1-163. 2017.

VIEIRA, B. A. R. M. de.; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v.03, n.41, p.04-08, 2004.

ZAHRANI, S. Utilization of polyethylene and paraffin waxes as controlled delivery systems for different fertilizers. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v.39, n.02, p.367–371, 2000.

## Anexos

Anexo 1: Croqui da área experimental com a distribuição dos tratamentos e blocos.  
Considerando as bordaduras, a área do experimento é de 2371 m<sup>2</sup>.



Legenda	
Cinza	T1- Testemunha
Azul escuro	T2- Uréia convencional
Vermelho	T3- Sulfato de amônio
Azul claro	T4- Nitrato de amônia
Verde	T5- Super N
Laranja	T6- Poliblem
Roxo	T7- Sulfammo